

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-179286

(43) 公開日 平成8年(1996)7月12日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1333			
	1/1335	5 1 0		
	1/137	5 0 0		

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

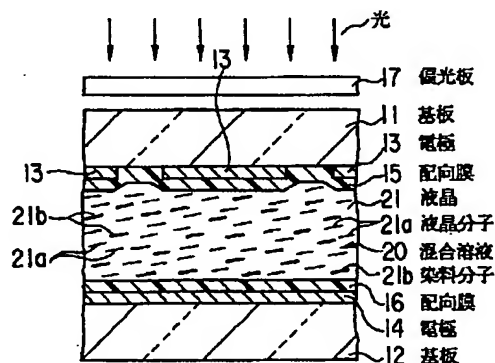
(21) 出願番号	特願平6-320735	(71) 出願人	000001443 カシオ計算機株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目6番1号
(22) 出願日	平成6年(1994)12月22日	(72) 発明者	武井 寿郎 東京都八王子市石川町2951番地の5 カシオ計算機株式会社八王子研究所内
		(74) 代理人	弁理士 鈴江 武彦

(54) 【発明の名称】 高分子分散型液晶素子の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用して、混合溶液への照射光量を多くすることなく良好な光散乱性をもつ液晶／高分子複合膜を形成する。

【構成】 基板11、12間に、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液20の層を設け、その二色性染料の分子21bを所定方向にほぼ一様に配向させた状態で、前記混合溶液20に偏光板17を介して、二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と偏光板17を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と偏光板17の透過率 $\chi$ とが、 $\chi \geq (\pi/2) \sin \phi$ と $\chi \geq [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$ とを満たす条件で光を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶／高分子複合膜を形成する。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の基板間に、高分子層中に二色性染料を含む液晶を分散させてなる液晶／高分子複合膜を設けた高分子分散型液晶素子の製造方法であって、

一对の基板間もしくは一方の基板上に、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液の層を設け、その二色性染料の分子を所定方向にほぼ一様に配向させた状態で、前記混合溶液に、偏光板を介して、

前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $\chi$ とが、

$$\chi > (\pi/2) \sin \phi$$

を満たし、

かつ、前記二色性染料の二色性比 $\kappa$ が、

$$\kappa > (\chi - \cos \phi) / (\sin \phi - 2\chi/\pi)$$

である条件で光を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶／高分子複合膜を形成することを特徴とする高分子分散型液晶素子の製造方法。

【請求項2】 一对の基板間に、高分子層中に二色性染料を含む液晶を分散させてなる液晶／高分子複合膜を設けた高分子分散型液晶素子の製造方法であって、

一对の基板間もしくは一方の基板上に、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液の層を設け、その二色性染料の分子を所定方向にほぼ一様に配向させた状態で、前記混合溶液に、偏光板を介して、

前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $\chi$ とが、

$$\chi > [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$$

を満たし、

かつ、前記二色性染料の二色性比 $\kappa$ が、

$$\kappa < (\chi - \cos \phi) / (\sin \phi - 2\chi/\pi)$$

である条件で光を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶／高分子複合膜を形成することを特徴とする高分子分散型液晶素子の製造方法。

【請求項3】 一对の基板間に、高分子層中に二色性染料を含む液晶を分散させてなる液晶／高分子複合膜を設けた高分子分散型液晶素子の製造方法であって、

一对の基板間もしくは一方の基板上に、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液の層を設け、その二色性染料の分子を所定方向にほぼ一様に配向させた状態で、前記混合溶液に、偏光板を介して、

前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $\chi$ とが、

$$\chi \geq (\pi/2) \sin \phi$$

$$\chi \geq [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$$

を満たす条件で光を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶／高分子複合膜を形成することを特徴とする高分子分散型液晶素子の製造方法。

【請求項4】 混合溶液に照射する光は、所定方向にほぼ一様に配向された二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対してほぼ垂直な方向から入射させることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の高分子分散型液晶素子の製造方法。

【請求項5】 二色性染料は、正の二色性を有するp型染料であることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の高分子分散型液晶素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、高分子分散型液晶素子の製造方法に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】 最近、液晶素子として、一般に用いられているTN型やSTN型の液晶素子に比べて非常に明るい表示が得られる高分子分散型液晶素子が注目されている。図10は従来の高分子分散型液晶素子の断面図、図11はその一部分の拡大図であり、この高分子分散型液晶素子は、表示用の透明電極3、4を設けた一对の透明基板1、2を枠状のシール材5を介して接合し、この両基板1、2間に、液晶／高分子複合膜6を設けた構成となっている。

【0003】 上記液晶／高分子複合膜6は、図11に示すように、透明な高分子層7中に液晶8を分散を分散させたもので、前記液晶8としては一般に、誘電異方性が正のネマティック液晶が用いられており、さらに、この液晶8には二色性染料が添加されている。図11において、8aは液晶の分子を示し、8bは前記二色性染料の分子を示している。

【0004】 この高分子分散型液晶素子は、上記液晶／高分子複合膜6での光の散乱と透過とを利用して表示するものであり、この複合膜6の高分子層7中に分散している液晶8の液晶分子8aは、電界が印加されていない状態では図11のようにランダムな方向を向いており、同様に染料分子8bもランダムな方向を向いているため、この無電界状態では、液晶素子に入射した光が、前記複合膜6を通る際に、高分子層7と液晶8との界面および液晶8の光散乱作用により散乱されるときに、その散乱光のうちの二色性染料の吸収波長域の光が前記二色性染料によって吸収され、表示が二色性染料の色に着色された着色表示となる。

【0005】 また、両基板1、2の電極3、4間に電圧を印加すると、その電界によって液晶分子8aが立上り配向し、それに連れて染料分子8bも立上り配向するため、この電界印加状態では、液晶素子に入射した光が、複合膜6での光散乱作用をほとんど受けることなく、また二色性染料による吸収もほとんど受けることなく複合

膜6を透過し、表示がほぼ無彩色の明表示となる。

【0006】このため、上記高分子分散型液晶素子は、TN型やSTN型の液晶素子に必要な不可欠な偏光板が不要であり、したがって偏光板での光吸収による光ロスが無いから、非常に明るい表示が得られる。

【0007】なお、上記高分子分散型液晶素子は、一般に、その裏面に反射板（図示せず）を配置して反射型素子として使用されており、この反射型素子においては、その表面側から入射した光が液晶／高分子複合膜6を通過して反射板で反射され、再び前記複合膜6を通過して表面側に射出するため、無電界部を通る光が二重に散乱されるとともに二色性染料で吸収されて、着色表示がより鮮明になる。

【0008】上記高分子分散型液晶素子は、一般に、一対の基板1，2をシール材5を介して接合した後、この両基板1，2間に、光によって重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液を真空注入法により充填して混合溶液の層を設け、この混合溶液に、いずれか一方の基板の外表面側から光（紫外線）を照射して、前記高分子材料を光重合させる方法で製造されている。

【0009】このように、基板1，2間の混合溶液に光を照射すると、モノマーあるいはオリゴマーの状態にある高分子材料が、その二重結合が解けることによってラジカル化し、隣り合う分子のラジカルが互いに結合し合うラジカル重合反応により高分子となって、この高分子材料のポリマー化により、液晶が二色性染料とともに相分離する。

【0010】このため、ポリマー化した高分子の層7は、図11のようなスポンジのような断面をもち、この高分子層7の各隙間部に、二色性染料を含む液晶8が閉じ込められて、上述した構造の液晶／高分子複合膜6が形成される。なお、この複合膜の形成方法は、一般に光重合相分離法と呼ばれている。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記高分子分散型液晶素子の液晶／高分子複合膜6の光散乱性は、この複合膜6中の液晶溜まり（液晶8が閉じ込められている部分）の大きさおよび分布状態（単位体積当たりの分布数）によって異なるため、良好な光散乱性をもつ複合膜6を形成するには、混合溶液への光の照射を、高分子材料が適度な大きさおよび分布状態の液晶だまりを形成して光重合するように照射光量を選んで行なうことが望まれる。

【0012】しかし、従来の高分子分散型液晶素子の製造方法では、混合溶液への照射光のうちのかなりの量の光が二色性染料によって吸収されてしまうため、混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用することができなかった。

【0013】このため、従来は、混合溶液への照射光量を、二色性染料での光吸収を見込んである程度多くして

いるが、混合溶液への照射光量を多くすると、二色性染料に吸収される光量も多くなって二色性染料が劣化してしまうため、照射光量をむやみに多くすることには問題があり、したがって、従来の製造方法では、高分子材料を適度な大きさおよび分布状態の液晶だまりを形成するように光重合させて良好な光散乱性をもつ液晶／高分子複合膜を形成することはできなかった。

【0014】この発明は、混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用して、混合溶液への照射光量を多くすることなく良好な光散乱性をもつ液晶／高分子複合膜を形成することができる、高分子分散型液晶素子の製造方法を提供することを目的としたものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】この発明の高分子分散型液晶素子の製造方法は、一対の基板間もしくは一方の基板上に、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液の層を設け、その二色性染料の分子を所定方向にほぼ一様に配向させた状態で、前記混合溶液に、偏光板を介して、次の1，2，3のいずれかの条件で光を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶／高分子複合膜を形成することを特徴とするものである。

【0016】【条件1】前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $x$ とが、

$$x > (\pi/2) \sin \phi$$

を満たし、かつ、前記二色性染料の二色性比 $\kappa$ が、 $\kappa > (x - \cos \phi) / (\sin \phi - 2x/\pi)$ であること。

【0017】【条件2】前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $x$ とが、

$$x > [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$$

を満たし、かつ、前記二色性染料の二色性比 $\kappa$ が、 $\kappa < (x - \cos \phi) / (\sin \phi - 2x/\pi)$ であること。

【0018】【条件3】前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $x$ とが、

$$x \geq (\pi/2) \sin \phi$$

$$x \geq [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$$

を満たすこと。

【0019】なお、上記混合溶液に照射する光は、所定方向にほぼ一様に配向された二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対してほぼ垂直な方向から入射させるのが望ましい。また、上記1，2，3の条件は、いずれも、二色性染料が、正の二色性を有するp型の二色性染料であ

る場合に成立する。

#### 【0020】

【作用】このように、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液の層の二色性染料の分子を所定方向にほぼ一様に配向させておき、その状態で前記混合溶液に、偏光板を介して、上記1, 2, 3のいずれかの条件で光を照射すると、二色性染料による光吸収が少なくなり、相対的に高分子材料に照射される光を多くさせ、相対的に二色性染料による光吸収を少なくさせる。

【0021】このため、この発明の製造方法によれば、混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用して、混合溶液への照射光量を多くすることなく良好な光散乱性をもつ液晶／高分子複合膜を形成することができるとともに、二色性染料の光吸収による劣化を抑制することもできる。

#### 【0022】

【実施例】以下、この発明の一実施例を図1～図9を参照して説明する。図1は一对の基板間に設けた混合溶液に光を照射している状態の断面図であり、この実施例では、次のようにして高分子分散型液晶素子を製造する。

【0023】まず、表示用の透明電極13, 14を設けた一对の透明基板（例えばガラス基板）11, 12の電極形成面上にそれぞれ、液晶の分子および二色性染料の分子を一方に配向させる配向処理を施す。

【0024】この配向処理は、例えば、基板11, 12上にポリイミド等からなる水平配向膜14, 15を形成し、その膜面を一方にラビングすることによって行なう。なお、上基板11側の配向膜14と、下基板12側の配向膜15とは互いに平行でかつ逆方向にラビングする。

【0025】次に、上記配向処理を施した一对の基板11, 12をその電極形成面を互に対向させて配置し、この両基板11, 2の外周縁部を図示しないシール材を介して接合して液晶素子を組立てる。なお、この液晶素子は例えば単純マトリックス型のものであり、図において下基板12側の電極14は走査電極、上基板11側の電極13は信号電極である。

【0026】次に、上記両基板11, 12間の前記シール材で囲まれた領域に、前記シール材の一部を欠落させて形成しておいた注入口から、光によって重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶21との混合溶液20を真空注入法により充填して、基板11, 12間に前記混合溶液20の層を設ける。

【0027】なお、前記液晶21には例えば誘電異方性が正のネマティック液晶を用い、この液晶21に添加する二色性染料には、正の二色性を有するp型の二色性染料を用いる。

【0028】このp型の二色性染料は、その分子の長軸方向に光吸収の遷移モーメントを有するものであり、分

子長軸方向の吸収軸と、それに対して直交する方向のうち、分子長軸方向の吸収軸に沿う偏光成分の光の吸光度が、前記直交する方向に沿う偏光成分の光の吸光度よりも常に大きいという特性をもっている。

【0029】なお、上記二色性染料は、二色性液晶染料（可視光域中のある波長域の光を吸収する特性をもった着色液晶）、例えば、赤橙色のアゾ系液晶染料、黄色のアゾキシ系液晶染料等であってもよい。

【0030】上記混合溶液20を両基板11, 12間に充填すると、この混合溶液20中の液晶21の液晶分子21aおよび二色性染料の分子21bが、両基板11, 12の配向膜15, 16に施されている配向処理により、図1に示したように、基板11, 12面（配向膜15, 16面）に対し若干チルトした状態で、前記配向処理の方向にほぼ一様に配向する。

【0031】この後は、両基板11, 12間の混合溶液20に、一方の基板、例えば上基板11の外側から、偏光板17を介して、後述する条件で光（紫外線）を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶／高分子複合膜を形成する。

【0032】このように、上記混合溶液20に光を照射すると、混合溶液20の高分子材料が光により重合反応し、液晶21が二色性染料とともに相分離して、液晶／高分子複合膜が形成される。

【0033】図2は上記のようにして製造された高分子分散型液晶素子の断面図であり、形成された液晶／高分子複合膜22は、スポンジのような断面をもつようにポリマー化した高分子層23の各隙間部に、二色性染料を含む液晶21が閉じ込められた構造をなしている。

【0034】なお、この液晶素子の両基板11, 12には配向処理が施されているが、上記高分子材料を光重合させて複合膜22を形成すると、高分子層23の各隙間部に二色性染料を含む液晶21が閉じ込められるため、配向膜15, 16に施した配向処理による配向規制力が液晶21に及ばなくなり、液晶分子21aおよび染料分子21bが図2のようなランダムな配向状態になる。

【0035】ただし、上記複合膜22には、液晶21が配向膜15, 16に接している部分もあるため、その部分では、配向膜15, 16上の液晶分子21aおよび染料分子21bが前記配向処理の方向に配向した状態になるが、このような配向状態は、複合膜22と配向膜15, 16との界面付近にできるだけであり、複合膜22全体で見れば、そのほとんどの領域において液晶分子21aおよび染料分子21bがランダムな配向状態になる。

【0036】また、図1に示した偏光板17は、上記高分子分散型液晶素子の製造において混合溶液20に光を照射する際に用いられるものであり、製造された高分子分散型液晶素子には偏光板はない。

【0037】次に、上記高分子分散型液晶素子の製造に

における混合溶液 20 への光の照射条件を説明する。図 3 は、上記混合溶液 20 中の染料分子 21 b の吸収軸と上記偏光板 17 を透過した直線偏光の偏光方向とを光の照射方向（混合溶液 20 の層に対してほぼ垂直な方向）から見た図であり、図において、 $L_P$  は二色性染料の分子長軸方向の吸収軸、 $L_H$  は前記分子長軸方向の吸収軸  $L_P$  に対して直交する方向の軸（以下、短軸方向の軸という）、 $\phi$  は二色性染料の短軸方向の軸  $L_H$  と偏光板 17 を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角を示している。

【0038】そして、上記混合溶液 20 の層への光の照射は、次の 1, 2, 3 のいずれかの条件で行なう。

【条件 1】上記二色性染料の短軸方向の軸  $L_H$  と偏光板 17 を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角  $\phi$  と、前記偏光板 17 の透過率  $\chi$  とが、

$$\chi > (\pi/2) \sin \phi$$

を満たし、かつ、前記二色性染料の二色性比  $\kappa$  が、  
 $\kappa > (\chi - \cos \phi) / (\sin \phi - 2\chi/\pi)$   
 であること。

【0039】【条件 2】上記二色性染料の短軸方向の軸  $L_H$  と偏光板 17 を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角  $\phi$  と、前記偏光板 17 の透過率  $\chi$  とが、

$$\chi > [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$$

を満たし、かつ、前記二色性染料の二色性比  $\kappa$  が、  
 $\kappa < (\chi - \cos \phi) / (\sin \phi - 2\chi/\pi)$   
 であること。

【0040】【条件 3】上記二色性染料の短軸方向の軸  $L_H$  と偏光板 17 を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角  $\phi$  と、前記偏光板 17 の透過率  $\chi$  とが、

$$\chi \geq (\pi/2) \sin \phi$$

$$\chi \geq [\pi / (\pi + 2)] (\sin \phi + \cos \phi)$$

を満たすこと。

【0041】なお、図 3 に示したように、染料分子 21 b の長軸方向吸収軸  $L_P$  は、分子長軸  $O$  に対して若干斜めにずれており、染料分子 21 b は配向膜 15, 16 の配向処理方向に分子長軸  $O$  が向いた状態で配向するため、上記偏光板 17 の透過軸の向き、つまり混合溶液 20 に入射させる直線偏光の偏光方向は、前記配向処理方向に、染料分子 21 b の長軸  $O$  と長軸方向吸収軸  $L_P$  とのずれ角を加味して設定する。

【0042】また、上記混合溶液 20 に照射する光は、所定方向にほぼ一様に配向された二色性染料の分子長軸方向の吸収軸  $L_P$  に対してほぼ垂直な方向から入射させるのが望ましい。ただし、基板 11, 12 面に対する染料分子 21 b のチルト角は極く小さいため、照射光は、基板 11, 12 面に対してほぼ垂直な方向から入射させてもよい。

【0043】このように、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液 20 の層の二色性染料の分子 21 b を所定方向にほぼ一様に配向させ

ておき、その状態で前記混合溶液に、偏光板 17 を介して、上記 1, 2, 3 のいずれかの条件で光を照射すると、高分子材料に照射される光量が多くなり、相対的に、二色性染料による光吸収が少なくなる。

【0044】このため、この製造方法によれば、混合溶液 20 への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用して、混合溶液 20 への照射光量を多くすることなく良好な光散乱性をもつ液晶／高分子複合膜 22 を形成することができる。

【0045】すなわち、上記製造方法における二色性染料の光吸収を、従来の製造方法と比較して説明すると、従来の製造方法では、混合溶液中の二色性染料の分子がランダムな方向を向いている状態で前記混合溶液に無偏光の光を照射しているため、各染料分子の光吸収は、その染料分子の向きによって異なる。

【0046】図 4 は従来の製造方法における混合溶液中の染料分子の向きを示しており、基板面に対して垂直な方向から混合溶液に光を照射したときの各染料分子の光吸収量は、二色性染料の分子長軸方向の吸収軸  $L_P$  に沿う偏光成分の光に対する吸収度を  $A_P$ 、短軸方向の軸  $L_H$  に沿う偏光成分の光に対する吸収度を  $A_H$  とすると、次の通の式で表される。

【0047】基板面に対してある角度  $\theta$  で斜めに傾いている染料分子の 1 分子当たりの光吸収量は、

$$A_P \cos \theta + A_H$$

である。

【0048】したがって、基板面に対する傾き角が  $0^\circ$ （基板面と平行）、すなわち  $\theta = 0^\circ$  のときの染料分子の 1 分子当たりの光吸収量は、最大値

$$A_P + A_H \text{ (吸収量最大)}$$

となり、また、基板面に対する傾き角が  $90^\circ$ （基板面に垂直）、すなわち  $\theta = 90^\circ$  のときの染料分子の 1 分子当たりの光吸収量は、最小値

$$A_H \text{ (吸収量最少)}$$

となる。

【0049】そして、傾き角がランダムな染料分子のうち所定角  $\theta$  の染料分子の存在比は、 $\theta$  の値によらずほぼ一定であるので、従来の製造方法における混合溶液中の二色性染料の吸光量の平均値は、

【0050】

【数 1】

$$\frac{\int_0^{\pi/2} (A_P \cos \theta + A_H) d\theta}{\pi/2}$$

$$= 2/\pi A_P + A_H \quad \dots (1)$$

となる。

【0051】一方、上記実施例の製造方法では、混合溶液中の染料分子 21 b を所定方向にほぼ一様に水平配向させた状態で、前記混合溶液に、直線偏光させた光を照

射しているため、図3のように染料分子21bの短軸方向の吸収軸 $L_H$ に対して角度 $\phi$ ずれた偏光方向の直線偏光を照射したときの二色性染料の1分子当たりの吸光量は、

$$A_P \sin \phi + A_H \cos \phi \quad \cdots (2)$$

となる。

【0052】次に、上記実施例の製造方法において高分子材料に照射される光の強度を、従来の製造方法と比較して説明すると、図5は、上記実施例の製造方法における高分子材料への光照射経路と、従来の製造方法における高分子材料への光照射経路とを示す模式図であり、

(a)は実施例の製造方法における光照射経路、(b)は従来の製造方法における光照射経路を示している。

【0053】この図5のように、光源ランプからの光の強度比をP(単位W)とし、従来の製造方法における高分子材料への照射光の強度比をP1、実施例の製造方法における高分子材料への照射光の強度比をP2とすると、従来の製造方法では、二色性染料の吸光量の平均値が上記式(1)で表される値であるため、高分子材料への照射光の強度比P1を、

$$P1 = P / [ (2/\pi) A_P + A_H ]$$

とすれば、上記実施例の製造方法では、光源ランプからの光のうち、偏光板を透過した光だけが混合溶液に入射するが、二色性染料の吸光量が上記式(2)で表される値であるため、偏光板を透過した光の強度を $\chi P$ とすると、高分子材料への照射光の強度比P2は、

$$P2 = \chi P / (A_P \sin \phi + A_H \cos \phi)$$

と表すことができる。

【0054】すなわち、従来の製造方法における高分子材料への照射光の強度比P1と、実施例の製造方法における高分子材料への照射光の強度比P2との比P1:P2は、

$$P / [ (2/\pi) A_P + A_H ] : \chi P / (A_P \sin \phi + A_H \cos \phi) \quad \cdots (3)$$

である。

【0055】そして、

$$P2 / P1 > 1 \quad \cdots (4)$$

であれば、つまり、実施例の製造方法における高分子材料への照射光の強度P2が、従来の製造方法における高分子材料への照射光の強度P1より大きければ、実施例の製造方法の方が従来の製造方法に比べて、高分子材料に照射される光量を多くできる。

【0056】したがって、光源ランプからの光を効率よく高分子材料の光重合に利用できる条件は、上記式(3)と式(4)より、

$$\chi [ (2/\pi) A_P + A_H ] / (A_P \sin \phi + A_H \cos \phi) > 1 \quad \cdots (5)$$

となる。

【0057】そして、二色性染料の吸収度 $A_P$ 、 $A_H$ はいずれも正の値( $A_P > 0$ 、 $A_H > 0$ )であり、また、

二色性染料の短軸方向の吸収軸 $L_H$ と偏光板17を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ は $0^\circ \sim 90^\circ$ の範囲( $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ )であって、 $\sin \phi \geq 0$ 、 $\cos \phi \geq 0$ であるから、上記式(5)を展開すると、

$$A_P \sin \phi + A_H \cos \phi < \chi [ (2/\pi) A_P + A_H ]$$

よって、

$$A_P (\sin \phi - 2\chi/\pi) + A_H (\cos \phi - \chi) < 0$$

$$\cdots (6)$$

となる。

【0058】すなわち、上記式(6)を満たせば、光源ランプの光量を増大することなく、高分子材料に、より多くの光量を照射することができる。ところで、二色性染料の吸収度 $A_P$ 、 $A_H$ はいずれも正の値であるが、 $\sin \phi - (2\chi/\pi)$ と $\cos \phi - \chi$ の値は、次の(I)~(I V)のいずれかである。

【0059】

$$(I) \sin \phi - (2\chi/\pi) \leq 0 \text{ かつ } \cos \phi - \chi < 0$$

$$\text{または } \sin \phi - (2\chi/\pi) < 0 \text{ かつ } \cos \phi - \chi \leq 0$$

$$(II) \sin \phi - (2\chi/\pi) > 0 \text{ かつ } \cos \phi - \chi < 0$$

$$(III) \sin \phi - (2\chi/\pi) < 0 \text{ かつ } \cos \phi - \chi > 0$$

$$(IV) \sin \phi - (2\chi/\pi) \geq 0 \text{ かつ } \cos \phi - \chi > 0$$

$$\text{または } \sin \phi - (2\chi/\pi) > 0 \text{ かつ } \cos \phi - \chi \geq 0$$

上記(I)~(IV)の各場合についてみると、 $\sin \phi - (2\chi/\pi)$ と $\cos \phi - \chi$ が上記(I)の関係にある場合、上記式(6)は、

$$A_P / A_H \geq (\chi - \cos \phi) / (\sin \phi - 2\pi/\pi)$$

$$\cdots (7)$$

となる。

【0060】ところで、上記式(7)の右辺の分母が $\sin \phi - (2\chi/\pi) = 0$ のとき、分子が $\chi - \cos \phi > 0$ であれば、上記式(6)は、 $A_P / A_H$ がどのような値でも、つまり、いかなる吸収度の二色性染料においても成立する。

【0061】また、式(7)の右辺の分子の $\chi - \cos \phi$ が0のとき、分子が $\sin \phi - (2\chi/\pi) < 0$ であれば、上記式(6)は、 $A_P / A_H$ がどのような値でも、つまり、いかなる吸収度の二色性染料においても成立する。

【0062】したがって、残る条件は、 $\chi - \cos \phi > 0$ で、かつ、 $\sin \phi - (2\chi/\pi) < 0$ のときであるが、このとき、

$$(\chi - \cos \phi) / (\sin \phi - 2\chi/\pi) = a(\chi, \phi)$$

とすると、

$$a(\chi, \phi) \leq 0 \quad \cdots (8)$$

となる。

【0063】上記実施例で用いた二色性染料は、p型染料、すなわち二色性比 $\kappa$ ( $\kappa = A_P / A_H$ )が常に1より大きい染料であるため、 $A_P / A_H$ の値は常に1より大、つまり、

$$A_P / A_H > 1 \quad \cdots (9)$$

となるので、上記式(7)および式(8)は、 $\chi$ 、 $\phi$ の値に

かわらず、常に式(9)を満たす。

【0064】いいかえれば、二色性染料の二色性比 $\kappa$ が1より大であれば、その $A_P/A_H$ の値がどのような二色性染料であっても、上記式(7)は、 $\chi$ 、 $\phi$ の値にかかわらず成立する。

【0065】したがって、(I)の場合、つまり $\sin\phi - (2\chi/\pi) \leq 0$ でかつ $\cos\phi - \chi < 0$ 、または $\sin\phi - (2\chi/\pi) < 0$ でかつ $\cos\phi - \chi \leq 0$ のときは、二色性染料がどのような二色性比 $\kappa$ をもつ染料であっても、従来の製造方法に比べて、高分子材料に照射される光量が多くなり、相対的に、二色性染料による光吸収が少なくなる。

【0066】また、 $\sin\phi - (2\chi/\pi)$ と $\cos\phi - \chi$ が上記(II)の関係にある場合、上記式(6)は、 $A_P/A_H < a(\chi, \phi)$  …(10)となる。

【0067】ここで、二色性染料の $A_P/A_H$ の値は $A_P/A_H > 1$ であるため、上記式(10)が成立するには、 $a(\chi, \phi)$ が最低でも1より大であること、つまり、 $1 < a(\chi, \phi)$  …(11)であることが条件となる。

【0068】式(10)より、式(11)は、 $\chi > [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$  …(12)となる。

【0069】このため、(II)の場合は、上記式(10)と式(12)を同時に満足することが必要であり、したがって、 $\sin\phi - (2\chi/\pi) > 0$ でかつ $\cos\phi - \chi < 0$ のときは、二色性染料の $A_P/A_H$ の値が $A_P/A_H < a(\chi, \phi)$ であるときに、従来の製造方法に比べて、高分子材料に照射される光量が多くなり、相対的に、二色性染料による光吸収が少なくなる。

【0070】また、 $\sin\phi - (2\chi/\pi)$ と $\cos\phi - \chi$ が上記(III)の関係にある場合、上記式(6)は、 $A_P/A_H > a(\chi, \phi)$  …(13)となる。

【0071】ここで、 $a(\chi, \phi)$ が1以下、つまり、 $1 \geq a(\chi, \phi)$  …(14)であれば、 $A_P/A_H$ がどのような値(ただし $A_P/A_H > 1$ )でも、上記式(13)は成立する。

【0072】式(13)より、式(14)は、 $\chi \geq [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$  …(15)となる。

【0073】したがって、(III)の場合、つまり $\sin\phi - (2\chi/\pi) < 0$ でかつ $\cos\phi - \chi > 0$ のときは、 $1 \geq a(\chi, \phi)$ であれば、二色性染料がどのような二色性比 $\kappa$ をもつ染料であっても、従来の製造方法に比べて、高分子材料に照射される光量が多くなり、相対的に、二色性染料による光吸収が少なくなる。

【0074】さらに、(III)の場合、 $1 < a(\chi, \phi)$  …(16)

のときでも、

$$A_P/A_H > a(\chi, \phi) \quad \dots(17)$$

であれば、上記式(13)は成立する。

【0075】その場合、上記式(16)は、 $\chi < [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$  …(18)となる。

【0076】このため、(III)の場合であって、 $1 < a(\chi, \phi)$ であるときは、二色性染料の $A_P/A_H$ の値が $A_P/A_H > a(\chi, \phi)$ で、かつ $\chi < [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$ あるときに、従来の製造方法に比べて、高分子材料に照射される光量が多くなり、相対的に、二色性染料による光吸収が少なくなる。

【0077】一方、 $\sin\phi - (2\chi/\pi)$ と $\cos\phi - \chi$ が上記(IV)の関係にある場合は、上記式(6)は成立しない。以上をまとめると、従来の製造方法よりも混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用できる効果が得られるのは、 $0 < \chi < 1$ 、 $0 \leq \phi \leq \pi/2$ 、 $A_P > 0$ 、 $A_H > 0$ 、 $A_P/A_H > 1$ において、イ、 $\chi \geq \pi/2 \sin\phi$ 、 $\chi \geq \cos\phi$ で、 $A_P/A_H$ の値は問わない。

【0078】ロ、 $\chi < \pi/2 \sin\phi$ 、 $\chi > [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$ で、かつ、 $A_P/A_H < (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$

ハ、 $\chi > \pi/2 \sin\phi$ 、 $\chi \geq [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$ で、 $A_P/A_H$ の値は問わない。

【0079】ニ、 $\chi < \cos\phi$ 、 $\chi < [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$ で、かつ、 $A_P/A_H > (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ である。

【0080】図6は、横軸に二色性染料の短軸方向の吸収軸 $L_H$ と偏光板17を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ をとり、縦軸に前記偏光板17の透過率 $\chi$ をとって、上記条件イ、ロ、ハ、ニの $\phi$ と $\chi$ の範囲を示した図である。

【0081】ここで、上記条件イ+ハ+ニは、 $\phi$ と $\chi$ の範囲および二色性比において、上述した[条件1]を含有している。すなわち、図7では上記[条件1]における $\phi$ と $\chi$ の範囲を示しており、図において斜線を施した領域が条件イ+ハ+ニに含まれている。なお、この領域は、 $\phi = 0$ の線上を含むが、 $\chi = 1$ および $\chi = (\pi/2) \sin\phi$ の線上は含まない。

【0082】そして、上記条件イ、ハ、ニの $\phi$ と $\chi$ の範囲のうち、条件イとハは $A_P/A_H$ の値を問わない範囲であるのに対して、条件ニは $A_P/A_H > (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ であることを条件とする範囲であるが、上記[条件1]のように、二色性染料の二色性比 $\kappa$ ( $\kappa = A_P/A_H$ )が $\kappa > (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ であれば、 $\phi$ と $\chi$ の値が条件イ、ハ、ニのいずれの範囲であっても、上述した効果が得られる。

【0083】一方、上記条件イ、ロ、ハ、ニのうち、条



件イ+ロ+ハは、 $\phi$ と $\chi$ の値および二色性比において、上述した【条件2】を含有している。図8は上記【条件2】における $\phi$ と $\chi$ の範囲を示しており、図において斜線を施した領域が条件イ+ロ+ハに含まれている。なお、この領域は、 $\phi=0$ および $\phi=\pi/2$ の線上を含み、 $\chi=1$ および $\chi=[\pi/(\pi+2)](\sin\phi+\cos\phi)$ の線上は含まない。

【0084】そして、上記条件イ、ロ、ハの $\phi$ と $\chi$ の範囲のうち、条件イとハは $A_P/A_H$ の値を問わない範囲であるのに対して、条件ロは $A_P/A_H < (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ であることを条件とする範囲であるが、上記【条件2】のように、二色性染料の二色性比 $\kappa$  ( $\kappa=A_P/A_H$ ) が $\kappa < (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ であれば、 $\phi$ と $\chi$ の値が条件イ、ロ、ハのいずれの範囲であっても、上述した効果が得られる。

【0085】さらに、上記条件イ、ロ、ハ、ニのうち、条件イとハは、 $\phi$ と $\chi$ の値が $A_P/A_H$ の値を問わない範囲である点で共通している。そこで、この条件イとハを1つの範囲としてみると、その範囲は、上述した【条件3】、つまり、

$$\chi \geq (\pi/2) \sin\phi$$

と、

$$\chi \geq [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$$

との両方を満たす範囲である。

【0086】図9は上記【条件3】における $\phi$ と $\chi$ の範囲を示しており、上記条件イ、ハの $\phi$ と $\chi$ の値は図9の斜線を施した領域内にある。なお、この領域は、 $\chi=(\pi/2)\sin\phi$ および $\chi=[\pi/(\pi+2)](\sin\phi+\cos\phi)$ の線上と $\phi=0$ の線上を含み、 $\chi=1$ の線上は含まない。ただし、 $\chi=(\pi/2)\sin\phi$ と、 $\chi=[\pi/(\pi+2)](\sin\phi+\cos\phi)$ との2つの式は同時には成立しないため、前記領域には、 $\chi=(\pi/2)\sin\phi$ の線と、 $\chi=[\pi/(\pi+2)](\sin\phi+\cos\phi)$ の線との交点は含まれない。

【0087】そして、上記条件イとハの $\phi$ と $\chi$ の範囲は、いずれも $A_P/A_H$ の値を問わない範囲であるため、上記【条件3】では、二色性染料の二色性比 $\kappa$  ( $\kappa=A_P/A_H$ ) がどのような値であっても、上述した効果が得られる。

【0088】このように、上記製造方法は、上記【条件1】、【条件2】、【条件3】のいずれによっても、混合溶液20への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用することができるのであり、したがって、混合溶液20への照射光量を多くすることなく、良好な光散乱性をもつ液晶/高分子複合膜22を形成することができる。

【0089】なお、上記実施例では、一対の基板11、12をシール材を介して接合して液晶素子を組立てた後に、両基板11、12間に混合溶液20を注入充填し

て、その混合溶液20への光照射により液晶/高分子複合膜22を形成しているが、前記複合膜は、液晶素子を組立てる前に一方の基板上に形成してもよい。

【0090】その場合は、一方の基板の上に、液晶の分子および二色性染料の分子を一方方向に配向させる配向処理を施した後、この一方の基板上に混合溶液を塗布して混合溶液層を設け、この混合溶液に上記【条件1】、

【条件2】、【条件3】のいずれかで光を照射して液晶/高分子複合膜を形成し、その後、前記複合膜の上に他方の基板（例えば樹脂フィルムからなる基板）を設けて液晶素子を組立てればよい。

【0091】

【発明の効果】この発明の高分子分散型液晶素子の製造方法は、一対の基板間もしくは一方の基板上に、光により重合反応する高分子材料と二色性染料を含む液晶との混合溶液の層を設け、その二色性染料の分子を所定方向にほぼ一様に配向させた状態で、前記混合溶液に、偏光板を介して、前記二色性染料の分子長軸方向の吸収軸に対して直交する方向と前記偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とのなす角 $\phi$ と、前記偏光板の透過率 $\chi$ とが、 $\chi > (\pi/2) \sin\phi$ を満たし、かつ、前記二色性染料の二色性比 $\kappa$ が、 $\kappa > (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ である条件、または、前記 $\phi$ と $\chi$ とが、 $\chi > [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$ を満たし、かつ、前記二色性染料の二色性比 $\kappa$ が、 $\kappa < (\chi - \cos\phi)/(\sin\phi - 2\chi/\pi)$ である条件、または、前記 $\phi$ と $\chi$ とが、 $\chi \geq (\pi/2) \sin\phi$ と $\chi \geq [\pi/(\pi+2)](\sin\phi + \cos\phi)$ とを満たす条件、で光を照射し、前記高分子材料を光重合させて液晶/高分子複合膜を形成するものであるから、前記混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用して、混合溶液への照射光量を多くすることなく良好な光散乱性をもつ液晶/高分子複合膜を形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例を示す、一対の基板間に設けた混合溶液に光を照射している状態の断面図。

【図2】製造された高分子分散型液晶素子の断面図。

【図3】混合溶液中の染料分子の吸収軸と偏光板を透過した直線偏光の偏光方向とを光の照射方向から見た図。

【図4】従来の製造方法における混合溶液中の染料分子の向きを示す図。

【図5】実施例の製造方法における高分子材料への光照射経路と、従来の製造方法における高分子材料への光照射経路とを示す模式図。

【図6】従来の製造方法よりも混合溶液への照射光を効率よく高分子材料の光重合に利用できる $\phi$ と $\chi$ の範囲を示す図。

【図7】【条件1】における $\phi$ と $\chi$ の範囲を示す図。

【図8】【条件2】における $\phi$ と $\chi$ の範囲を示す図。

【図9】【条件3】における $\phi$ と $\chi$ の範囲を示す図。



【図10】従来の高分子分散型液晶素子の断面図。

【図11】図10の一部分の拡大図。

【符号の説明】

11, 12…基板

13, 14…電極

15, 16…配向膜

17…偏光板

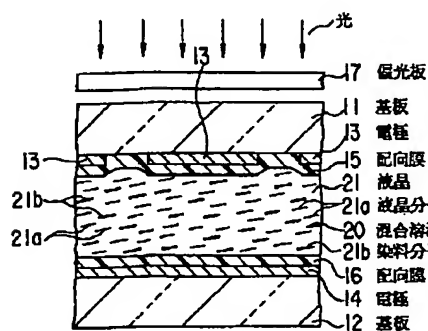
20…混合溶液

21…液晶

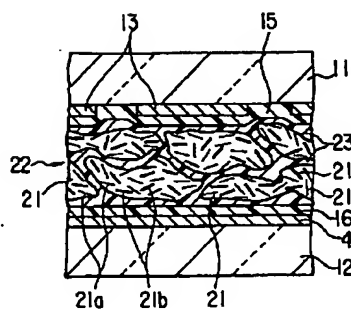
21a…液晶分子

21b…二色性染料の分子

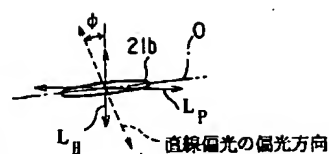
【図1】



【図2】



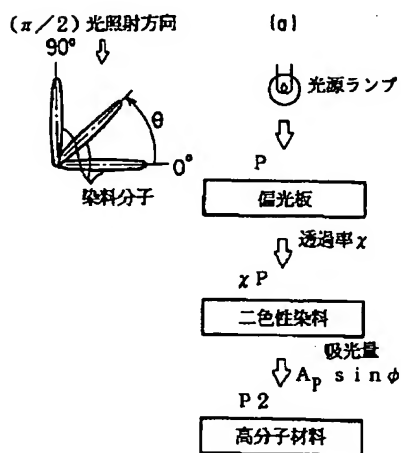
【図3】



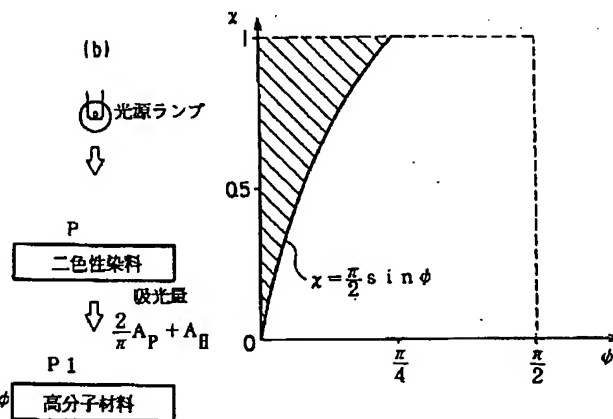
【図4】

【図5】

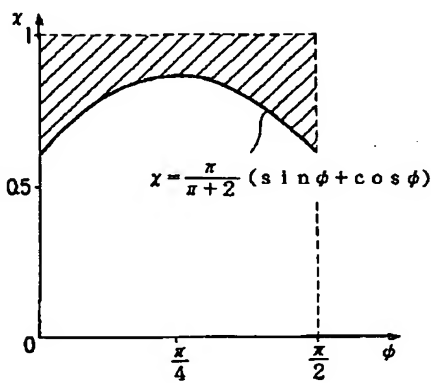
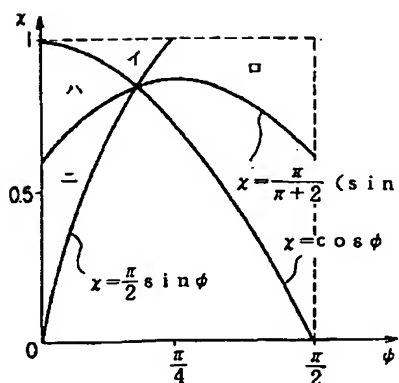
【図7】



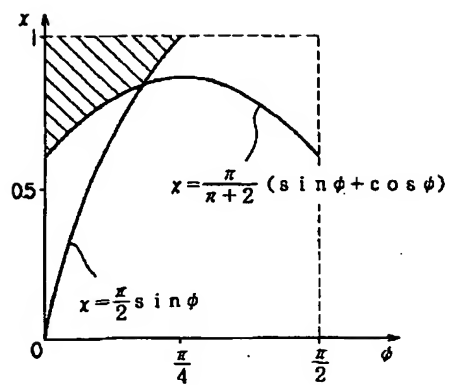
【図6】



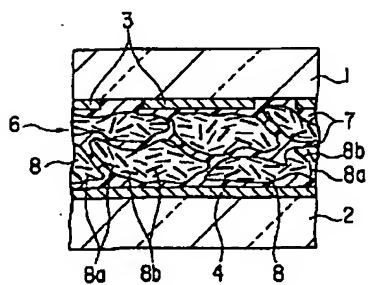
【図8】



【図9】



【図11】



【図10】

